



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 550 076 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92122175.0**

(51) Int. Cl.⁵: **G01J 3/28**

(22) Anmeldetag: **29.12.92**

(30) Priorität: **30.12.91 DE 4143284**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.07.93 Patentblatt 93/27

(64) Benannte Vertragsstaaten:
CH FR GB LI NL

(71) Anmelder: **INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK**
Walter-Korsing-Strasse 2
O-1200 Frankfurt/Oder(DE)

(72) Erfinder: **Schley, Peter, Dr.**
Prager Strasse 3
O-1200 Frankfurt (Oder)(DE)
Erfinder: Winkler, Wolfgang, Dr.
Willichstrasse 2
O-1200 Frankfurt (Oder)(DE)
Erfinder: Ehwald, Karl-Ernst
Clara-Zetkin-Ring 45
O-1200 Frankfurt (Oder)(DE)
Erfinder: Engel, Klaus Eberhard
Markendorfer Strasse 33
O-1200 Frankfurt (Oder)(DE)

(54) **Integrierter Halbleitersensor für Spektrometer.**

(57) In der Erfindung wird ein integrierter Halbleitersensor für Spektrometer vorgeschlagen, der durch die Kombination einer exakten Anpassung der Geometrie und Anordnung der einzelnen Detektoren an die Ortsverteilung des abgebildeten Spektrums mit einer den Erfordernissen angepaßten Unterteilung zusammenhängender gleichmäßig mit Detektoren belegter Spektralbereiche in mittels Logikschaltungen anwählbare Teilabschnitte begrenzter Pixelzahl die simultane Erfassung der lokalen Intensitätsverteilung aller relevanten Bereiche eines Spektrums mit einem sehr schnellen Zugriff zu ausgewählten Teilen des Spektrums verbindet.

EP 0 550 076 A1

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft die Detektierung von Strahlung in spektrometrischen Einrichtungen, insbesondere einen integrierten Halbleitersensor für optische Spektrometer.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Für die simultane Messung eines großen Spektralbereiches mit hoher spektraler Auflösung existiert neben konventionell eindimensional auflösenden Spektrometern ein spezieller Typ von Spektralgeräten, die Echelle-Spektrometer mit interner Ortstrennung, welche das Spektrum einer Strahlungsquelle als zweidimensionale Anordnung von nebeneinander liegenden Teilspektren, den Ordnungen, in einer Bildebene erzeugen. Dabei sind die nur annähernd geraden Ordnungen des Spektrums auch nur annähernd parallel und mit ungleichmäßigen Abstand voneinander in der Bildebene angeordnet. Der Informationsgehalt des Spektrums, welcher zu einer Aussage über die zu untersuchende Strahlungsquelle genutzt werden soll, ist je nach Strahlungsquelle unregelmäßig, aber reproduzierbar im Spektrum verteilt. Darüber hinaus enthalten die Zwischenräume zwischen den Teilspektren Informationen über das Streustrahlung, welche durch die Kombination der Eigenschaften von Strahlungsquelle und Spektralgerät bestimmt wird. Zur Erfassung der Intensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge, welche in der Bildebene als ortsabhängige Intensitätsverteilung vorliegt, werden linien- und flächenhafte Strahlungssensoren in verschiedenster Form eingesetzt.

1.) CCD- Sensorzeilen als Detektoren

Eine typische Anwendung wird in Spectrochem. Acta ,Vol.42 B, Nr.1/2, 1987,S.341 beschrieben, bei der zunächst eine Vorauswahl der bedeutenden Spektrallinien mittels eines Polychromators erfolgt, um mittels eines nachfolgenden Echelle-Spektrometers das Teilspektrum auf eine CCD-Sensorzeile abzubilden. Dies Verfahren ist sowohl optisch als auch mechanisch sehr kompliziert zu handhaben und häufig durch Linienkoinzidenzen benachteiligt. Die Zahl der zu untersuchenden Spektrallinien liegt bei nur ca. 10, Streustrahlungsverhältnisse und Emissionsverhalten der Quelle können nicht simultan erfaßt werden.

2.) Detektorsysteme mit diskreten Meßstellen

In einigen Fällen wie z.B. im US-PS 4049353 werden Schlitz-Masken in die Fokalebene des Spektrums gestellt, um mittels Lichtleiter die Information über nur eine Spektrallinie an Einzeldetektoren

zuzuführen. Ähnlich diskret werden Informationen von nur einer Linie allein registriert in der Patentschrift D 2946862, indem auf einem Chip einzelne Fotoaufnehmer angeordnet sind. Nachteilig ist, daß die Umgebung der Spektrallinien, Streustrahlungsverhältnisse und das Emissionsverhalten der Quelle nicht simultan erfaßt werden können.

3.) Großflächige Sensoren

In vielen Fällen wurden zur Registrierung des Gesamtspektrums flächenhafte Detektorsysteme wie Vidicons, Dissektoröhren oder CCD-Sensor-Matrizen eingesetzt (Y. Talmi, 'Multichannel Image Detectals', American Chemical Society, Washington D.C. 1979). Der Einsatz dieser Detektorsysteme ist vor allem durch ungenügende Anpassung an die Erfordernisse der Registrierung benachteiligt. Um die allgemein geforderte hohe Ortsauflösung des Detektors über die resultierende große Fokalfläche, die sich aus unregelmäßig und gekrümmt angeordneten Ordnungszeilen zusammensetzt, zu realisieren, muß eine hohe Zahl von Sensoren ausgewertet werden, was zu einer reduzierten Zeitauflösung führt und ein geringes Signal/Rauschverhältnis bedingt. Will man auf diesem Wege die Umgebungsverhältnisse kontinuierlicher Spektren, einer Spektrallinie (Untergrundstrahlung) sowie die Streustrahlungsverhältnisse und das Emissionsverhalten der Quelle simultan erfassen, übersteigt die dazu notwendige Informationsmenge die Akzeptanz der zeitlichen Auflösung. Damit sind wesentliche Einschränkungen des Spektrometereinsatzes verbunden.

4.) Monolithische, linienzugeordnete Detektoranordnung

In der US - PS 4820048 ist eine Detektoranordnung bekannt, die eine spezielle zweidimensionale Anordnung von strahlungsempfindlichen Pixeln an nur solchen Projektionsorten verwendet, an denen wenigstens eine relevante Spektrallinie vorhanden ist. Hier werden lediglich die fest vorgegebenen Linien sowie deren unmittelbare Umgebung, jedoch nicht die weiteren Bereiche der flächenhaften Spektralanordnung untersucht. Nachteilig ist, daß kontinuierliche Spektren (Bandenspektren), die fernere Umgebung von Spektrallinien, die Streustrahlungsverhältnisse über die resultierend große Fokalfläche und das Emissionsverhalten der Quelle nicht simultan erfaßt werden können.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß die hohen Anforderungen an die Orts- und Zeitauflösung, an die Streustrahlung- sowie an die Quellenstabilitätserfassung prinzipiell gegeneinander konkurrieren. Keine der vier Detektorsysteme ist den speziellen Anforderungen einer umfassenden si-

multanen Auswertung von linien- oder flächenhaften Spektralanordnungen bzgl. kontinuierlicher Spektren, der Linienerfassung, der Intensitätsauswertung der Spektrallinien, der Untergrundstrahlung der Linienumgebung, einer flächenbezogenen Streustrahlungskorrektur und einer Registrierung der Lichtquellenemission ausreichend angepaßt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Nachteile und die Einschränkungen der bisher bekannten Detektorsysteme zu überwinden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Untersuchung ein- oder zweidimensionaler Spektren zu schaffen, welche die simultane Messung der gesamten, analytisch relevanten Information des Spektrums einer Strahlungsquelle mit hoher Zeitauflösung bei geringen Anforderungen an die Steuer- und Auswertelektronik gestatten. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der in der Fokalfläche des Spektrometers angeordnete Halbleitersensor als ein integriertes Bauelement ausgebildet ist, auf dessen Oberfläche über wesentliche Wellenlängenbereiche des abgebildeten Spektrums regelmäßig und lückenlos Strahlungsdetektoren angeordnet sind, deren Abmessungen jeweils der Ortsauflösung und örtlichen Verteilung des abgebildeten Spektrums entsprechen. Die den Detektoren nachgeschalteten Speicher-, Transport-, Verstärker- und Schaltungseinrichtungen werden derart angeordnet und eingerichtet, daß durch eine gemeinsame Logikschaltung aus anwählbaren Teilen der (des) genutzten zusammenhängenden Wellenlängenbereiche(s) intensitätsbezogene Signale von Bandenspektren, Spektrallinien, Untergrundstrahlung der Linienumgebung, von flächenbezogenen Streustrahlunganteilen sowie von der Lichtquelle selbst zu einem oder mehreren Ausgängen geführt werden. Die anwählbaren zusammenhängenden Abschnitte des integrierten Halbleitersensors arbeiten vorzugsweise nach den Prinzipien ladungskoppelter Bauelemente (CCD) und ermöglichen durch die Zuordnung eines zusätzlichen Speichergebietes und die koordinierte Taktung von zwei an jedem Detektor angebrachten Schaltungseinrichtungen die Realisierung streng simultaner Messungen der Strahlungsintensität an allen Detektoren innerhalb eines in weiten Grenzen frei wählbaren Zeitfensters, aber auch alternativ die Anpassung der in jedem einzelnen anwählbaren zusammenhängenden Abschnitt angewendeten Integrationszeit an die auf den betreffenden Abschnitt fallende Strahlungsintensität durch entsprechende Anwahlzyklen oder durch

5 eine geeignete Taktung eines erst durch die Anwahl des betreffenden Abschnittes aktivierten und an jedem Detektor dieses Abschnittes wirksamen zusätzlichen Schalters, mittels dessen die Ladungsintegration des Detektors zeitweise unterdrückt werden kann. In einer Ausgestaltung der den Detektoren nachgeschalteten Ladungstransport-, Verstärker- und Schaltungseinrichtungen werden diese derart ausgelegt, daß die zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht angewählten Detektorabschnitte von der Taktspannungsversorgung und/oder den Versorgungspotentialleitungen und/oder von einer gemeinsamen Ausgangssignalleitung abgetrennt werden, um die Anzahl der Chiptotalausfälle durch Defekte und Kurzschlüsse innerhalb eines Abschnitts zu verringern. Weiterhin wird in einer Ausgestaltung des in der Fokalfläche des Spektrometers angeordneten Halbleitersensors dieser als ein hybrides Bauelement ausgebildet, in dem mehrere auf einem gemeinsamen Substrat positionierte, monolithisch integrierte Halbleiterchips oben beschriebener Art so im abgebildeten Spektrum angeordnet sind, daß keine für die vorgesehene Meßaufgabe wesentlichen Teile des Spektrums in die nicht mit Detektoren belegbaren Randgebiete der Halbleiterchips oder in die zwischen diesen Chips nicht nutzbaren Zwischenräume fallen. Durch diese Ausgestaltung wird die Fläche der Einzelchips in bezug auf die Fläche des Gesamtdetektors verringert und damit auch bei sehr großen Detektorflächen eine brauchbare Chipausbeute ermöglicht. Die Verwendung derartiger großflächiger Detektoren vereinfacht die optische Konstruktion der Spektrometer und verbessert gleichzeitig die spektrale Auflösung.

Ausführungsbeispiel

40 In einem Echelle-Spektrometer, das für Analysen der Molekül- und Atomspektroskopie eingesetzt wird, entstehen in an sich bekannter Weise auf einer zweidimensionalen Fläche Atomlinien, deren relative Positionen im Spektrometer mit identischem Dispersionssystem konstant sind, oder charakteristische Bandenspektren der zu untersuchenden Moleküle. Da für Analysen Informationen über Bandenspektren, über eine endliche Menge ausgewählter Atomlinien, über die Untergrundstrahlung der unmittelbaren Umgebung dieser Linien, über die Streustrahlungsverteilung der gesamten Abbildungsfläche sowie über das Emissionsverhalten der Lichtquelle während der Lichtintegriationszeit zu erfassen sind, werden über ausgewählte Wellenlängenbereiche des Sensors regelmäßig und lückenlos empfindliche Detektoren mit angepaßten Abmessungen in Gruppen so angeordnet, daß ihre freie Anwahl, eine simultane Lichtintegration, sowie die erforderliche Zwischenspeicherung, Informa-

tionsverarbeitung und Ausgabe der Signale ermöglicht wird. Die Abmessungen der Sensoren werden derart gestaltet, daß sie an Orten, an denen zu untersuchende Spektrallinen erwartet werden, den Dimensionen der abgebildeten Linien folgen. In einem Bereich um einen solchen Linienort herum werden beidseitig in Dispersionsrichtung des Gitters Detektoren mit gleichen Abmessungen angeordnet. Es folgen dann in weiter anschließenden Bereichen, in denen keine oder unbedeutende, nicht zu erfassende Spektrallinen erwartet werden, in denen Streulichtanteile des optischen Systems, Anteile der Untergrundstrahlung sowie Molekülspalten zu analysieren sind, gemäß den Ordnungsbereichen in dem zweidimensionalen Spektralmuster entsprechend strukturierte Detektoren. Die den Sensoren nachgeschalteten Ladungsspeicheranlagen, Versorgungspotentialleitungen, Logikschaltungen und Ausgangsverstärker führen durch eine gemeinsame Logikschaltung aus anwählbaren Teilen der Wellenlängenbereiche intensitätsbezogene Signale von Bandenspektren, Spektrallinen, Untergrundstrahlung der Linienumgebung, von flächenbezogenen Streustrahlunganteilen sowie von der Lichtquelle selbst Signale seriell zu einem Ausgang des Chips.

Patentansprüche

1. Integrierter Halbleitersensor für Spektrometer, die eine ein- oder zweidimensionale Anordnung eines Spektrums erzeugen, bestehend aus einer Vielzahl von Strahlungsdetektoren, Ladungsspeicher- und Ladungstransportanlagen, Versorgungspotentialleitungen, Logikschaltungen und Ausgangsverstärkern, die in einer ein- oder zweidimensionalen Anordnung die Strahlung von Teilgebieten des Spektrums in elektrische Signale gemäß der Intensitäten umzusetzen vermögen, dadurch gekennzeichnet, daß die auf einem oder mehreren zusammenhängenden Wellenlängenbereich(en) des auf dem integrierten Halbleitersensor abgebildeten Spektrums regelmäßig und lückenlos angeordneten Strahlungsdetektoren jeweils an die sich aus dem Blenden- und Dispersionssystem des Spektrometers und der zu untersuchenden Strahlungsquelle ergebenden ortsauf lösenden Bedingungen angepaßte Abmessungen besitzen und entsprechend der Zeilenstruktur des Spektrums angeordnet sind und daß die den Detektoren nachgeschalteten Speicher-, Ladungstransport-, Verstärker- und Schaltungseinrichtungen auf eine den jeweils verwendeten Sensoren spezifisch angepaßte Weise eingerichtet sind und daß durch diese zusammen mit einer integrierten Logikschaltung sowohl
2. Halbleitersensor nach Anspruch 1.), dadurch gekennzeichnet, daß die anwählbaren zusammenhängenden Abschnitte des integrierten Halbleitersensors nach den Prinzipien ladungsgekoppelter Bauelemente (CCD) arbeiten.
3. Halbleitersensor nach Anspruch 1.) und 2.) dadurch gekennzeichnet, daß mittels der den Detektoren nachgeschalteten Ladungsspeicher-, Transport- und Schaltungseinrichtungen sowie der integrierten Logikschaltungsschaltungen der Ladungsintegrationsvorgang aller Detektoren simultan gestartet und nach einer unabhängig von der Auslesezeit des gesamten Halbleitersensors bzw. eines angewählten zusammenhängenden Abschnittes vorgebbaren Zeit simultan beendet wird oder daß die Ladungsintegrationzeit der anwählbaren Abschnitte an die jeweilige Strahlungsintensitäten angepaßt unterschiedlich eingestellt wird.
4. Halbleitersensor nach Anspruch 1.) und 2.) dadurch gekennzeichnet, daß die zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht angewählten zusammenhängenden Abschnitte durch geeignete Logik- und Steuerelemente von der Taktspannungsversorgung und/oder den Versorgungspotentialleitungen und/oder von einer gemeinsamen Ausgangssignalleitung abgetrennt werden.
5. Halbleitersensor nach Anspruch 1.) und 2.) dadurch gekennzeichnet, daß der integrierte Halbleitersensor für ein zweidimensionales Spektrum eines Echelle-Spektrometers aus mehreren exakt auf einem gemeinsamen Substrat positionierten monolithisch integrierten Halbleiterchips besteht, welche derart konstruiert und im abgebildeten Spektrum angeordnet sind, daß keine für die vorgesehene Meßaufgabe wesentlichen Teile des Spektrums in die nicht mit Detektoren belegbaren Randgebiete besagter Halbleiterchips bzw. in die zwischen diesen Chips notwendig vorhandenen nicht nutzbaren Zwischenräumen fallen.

die Signale der Detektoren anwählbarer zusammenhängender Abschnitte wenigstens eines regelmäßig mit Detektoren belegten Wellenlängenbereiches einzeln oder teilweise zusammengefaßt, seriell und/oder parallel ausgeleren werden, als auch die Lichtintegrationszeit der einzelnen Abschnitte gesteuert wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 12 2175

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE					
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)		
Y	EP-A-0 332 211 (AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR) * Spalte 2, Zeile 50 - Spalte 4, Zeile 37 * * Zusammenfassung * ---	1,2,5	G01J3/28		
Y	EP-A-0 355 174 (HEWLETT-PACKARD) * Spalte 3, Zeile 12 - Spalte 4, Zeile 14 * * Zusammenfassung * ---	1,2,5			
A	US-A-4 134 683 (GOETZ ET AL.) * Spalte 3, Zeile 15 - Spalte 4, Zeile 6 * * Zusammenfassung; Anspruch 1 * ---	1,2,3			
D,A	US-A-4 820 048 (BARNARD) * Spalte 3, Zeile 24 - Zeile 58 * * Zusammenfassung; Abbildungen * ---	1,2,5			
A	EP-A-0 192 200 (PERKIN-ELMER CORPORATION) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 4 * -----	1,3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)		
			G01J		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt					
Recherchierort	Abgeschlussdatum der Recherche	Prüfer			
DEN HAAG	02 APRIL 1993	KRAMETZ E.M.			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE					
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze				
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist				
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument				
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument				
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument				

